

## 配線の太さと電圧・電流・電力

メカトロにおける電気配線は、さまざまな太さ・種類の電線を使います。これは主に信号としての電気を扱う電子回路、コンピュータ関係の世界と、エネルギー・電力としての電気を扱う機械・パワーエレクトロニクス関係が融合しているためです。うちの実験室でも、断面積が  $2\text{mm}^2$  を超えるような電力配線から、引っ張るだけでぶちっと切れるような細線まで使っています。メカトロでの設計開発製造には「電線選び」も必要になります。

端的にいうと、電線の太さで変わる電気的な特性はその電気抵抗値です。電線の抵抗は長さに比例し、断面積に反比例します。そのため「電流が多く流れるところは太い線で」と言われますが、なぜでしょうか。

この抵抗が影響することは、大きく二つあります。一つ目はオームの法則による電圧降下です。オームの法則は、抵抗（と見なせるもの）に電流を流したときに、

$$[\text{両端の電圧}] = [\text{抵抗}] \times [\text{電流}]$$

という関係があることを示しています。ここで一本の電線を考え、なにかの機器に電流を送っているとします。その際、[電線の抵抗]  $\times$  [流している電流] だけ、電流の上流側に対して、下流側で電圧が下がります。実際に電気を送るときには、直流や単相交流では往復で2本の線を使う

ため、合わせて2倍下がります（三相交流では線が3本ですが3倍とはならず複雑）。たとえば、 $1\ \Omega$ の電線で、 $100\text{V} \cdot 10\text{A}$ を送ろうとすると、片道で  $1 \times 10 = 10\text{V}$ 、往復で  $20\text{V}$  下がります。つまり、送る側で  $100\text{V}$  あっても、受け側では  $80\text{V}$  に目減りしています。これを低減するには、 $1\ \Omega$ の線ではなく、 $0.1\ \Omega$ の線、つまり断面積が10倍太い線を使えば、 $98\text{V}$ で届くことになります。このように、電流が大きい場合は線を太くする必要がありますし、また、距離が長い場合も、距離によるトータルの抵抗を抑えるためには太い線を使う必要があります。

二つ目の影響は、電線の発熱です。電圧がかかり、電流が流れるところには [電圧]  $\times$  [電流] の電力消費が生じます。多くの場合、それはそのまま熱になります（モータで動力を取り出す、光にするなどを除く）。これは電線でも起き、オームの法則と組み合わせると、

$$[\text{消費電力}] = [\text{抵抗}] \times [\text{流れる電流}]^2$$

となり、抵抗に比例し、電流の2乗に比例します。この消費を低減するためにも抵抗を小さくする必要があります。さて、この消費電力による熱は、単なるムダになるのでエコに関わりますが、電線にはより切実な問題である、温度上昇も引き起こします。

消費電力による温度上昇は、電力で生じる熱

**熊谷正朗** —KUMAGAI MASA-AKI—

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 教授

東北学院大学工学部 教授／仙台市地域連携フェロー(ロボットメカトロ系担当)。2000年東北大学大学院工学研究科修了、博士(工学)、同大助手。03年東北学院大学講師、助教授、准教授を経て、現在に至る。ロボメカ系開発を専門とし、メカの設計からマイコンやサーバのソフト開発までを行う。「基礎からのメカトロニクス講座」や地域企業訪問も実施中。



と、放熱のしにくさ(指標は熱抵抗)、周囲の温度で決まります。電力が多いと、放熱しにくい(熱抵抗が高い)と、周囲の温度が高いと、より温度が高くなります。たとえば、機器にある放熱板(アルミ製で銀や黒塗装で櫛状断面の固まり)は熱抵抗を下げ、温度上昇を低減します。ファンでの送風は、放熱の結果暖まった空気を追い払って別の空気を送り周囲温度を下げる効果(それともなつて放熱させやすくする)をねらいます。いうまでもなく、消費が少なければ、発熱が減ります。

さて、機器の場合は放熱の工夫をしますが、電線ではどうでしょうか。通常は電線に放熱板を付けることはありませんし、ファンも付けません。つまり、電線はそれ自身単独でその表面から放熱する必要があります。もし放熱しきれないと、温度上昇で被覆のビニールが軟らかくなり、極端な場合は発煙、発火します(難燃不燃の素材が要求される場合も)。また被覆が軟化したところで他の線と触れるとショートして惨事にもなりかねません。そのため、太さに対する許容電流の目安があります。このときは、長さに関係ありません。長さ1mあたりで生じる熱を1mあたりで放熱すれば良いからです。

また、電源の延長に使うドラム巻き型の電源線は、巻いたまま使わないように注意書きされていますが、これも巻いたままでは熱抵抗・周囲

温度の関係で放熱が十分できなくなる危険を避けるためです。よく見ると、家庭用掃除機も線を引き出して使うように注意されており、使用後の掃除機の線はわかる程度に暖まっています。

これらの問題を解決する方向性はただ一つ、「線を太くする」なのですが、今度は形状的な問題が生じます。太い線は配線場所を取り、重く、かつ曲げにくくなります。とくに機器の可動部を通す場合にはやっかいです。そのため、たとえば、距離が長いところは太い配線で、細さが要求されるところだけ許容できる範囲で細くするという手もあります。また、多くの場合は、太い電線で送りたいのはエネルギーとしての電力です。電力は前述のように[電圧]×[電流]なので、電圧を高くすることで必要な電流を減らせます。これもあつて、モータは大型のものになるほど、動作電圧を高くして、電流をほどほどに押さえられるようにしています。家庭のエアコンやIH調理器の200V化にもこの効果があります。

私の周りでは、なんとなくで選んだ電線で問題が起きることはあまりないのですが、数百W使う装置や低電圧でも大電流が流れるロボット用の電池周りなどは太い線を使うようには最初から気をつけています。またセンサ系のものでも、長距離になるときはセンサへの電源供給線での電圧降下が問題になることもあり、注意するようにしています。